Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

Reliability Analysis of Systems Using Level (λ, 1) Trapezoidal Interval valued Neutrosophic Sets

Sang Yeop Cho*

Department of Computer Engineering, Chungwoon University

ABSTRACT

There are various types of fuzzy sets used to evaluate the reliability of the systems. In the fuzzy sets, the membership value $\mu_A(x)$ is represented as a real number and the reliabilities are expressed by using it. In the interval valued fuzzy sets, the degree of membership is represented as an interval $[\mu_{A^L}(x),\ \mu_{A^U}(x)]$ which is used to describe the reliabilities. In the vague sets, the degree of membership is represented as $[t_A(x),\ f_A(x)]$ and it is used to express the reliabilities. In the interval valued vague sets, the membership degree is represented as a $[t_{A^L}(x),\ t_{A^U}(x),\ f_{A^L}(x),\ f_{A^U}(x)]$ and it is used to express the reliabilities. In the level (λ, 1) interval valued fuzzy sets, the membership degree is represented as a interval $[\lambda\,\mu_{A^L}(x),\ 1]$ which is used to describe the reliabilities. In order to represent the degree of membership in the interval valued neutrosophic sets, $(T_A,\ I_A,\ F_A)$ is used and the reliabilities are expressed by using it. In this paper we propose a level (λ, 1) interval valued neutrosophic sets that can express the merits of the level (λ, 1) interval valued fuzzy sets and the interval valued neutrosophic sets. In the level (λ, 1) interval valued neutrosophic sets its provide flexibility to adjust the size of the minimum membership value using λ and also enable to express the indeterminacy by using the indeterminacy membership value of the neutrosophic sets. Therefore the level (λ, 1) interval valued neutrosophic sets become more flexible and rigorous to describe the reliabilities than the other methods.

KEYWORDS: Reliability analysis, Fuzzy sets, Level (λ, 1) Interval valued fuzzy sets, Interval valued neutrosophic sets, Level (λ, 1) Interval valued neutrosophic sets

ARTICLE INFO: Received 14 August 2018, Revised 7 September 2018, Accepted 12 October 2018.

*Corresponding author is with the Department of Internet, Chungwoon University, 113 Sukgol-ro Nam-gu Incheon, 22100, KOREA.

E-mail addresses: sycho@chungwoon.ac.kr

1. 서 론

공학 시스템이 처리하는 자료들에는 불확실성(uncertainty) 또는 불확정성(indeterminacy) 등의 문제를 가지고 있어 시스템의 결과를 정확하게 분석하는 것이 어렵게 된다[1]. 이러한 문제를 해결하기 위한 접근법 중 한 가지가 퍼지집합을 이용하는 것이다[2].

퍼지집합에서 소속값 $\mu_A(x)$는 실수로 표현한다[2]. $\mu_A(x) \in [0,1]$.

구간값 퍼지집합에서 소속값은 구간 $[\mu_{A^L}(x), \mu_{A^U}(x)]$으로 표현한다[3]. $\mu_{A^L}(x)$은 최소 소속값이고 $\mu_{A^U}(x)$는 최대 소속값이다. $0 \le \mu_{A^L}(x) \le \mu_{A^U}(x) \le 1$. $[\mu_{A^L}(x), \mu_{A^U}(x)] \subseteq [0,1]$.

모호집합에서 소속값은 $[t_A(x),\ f_A(x)]$로 표현한다[4]. $t_A(x)$는 참 소속값이고 $f_A(x)$는 거짓 소속값이다. $t_A(x),\ f_A(x) \in [0,1]$. $0 \le t_A(x)+f_A(x) \le 1$.

구간값 모호집합에서 소속값은 $[t_{A^L}(x),\ t_{A^U}(x),\ f_{A^L}(x),\ f_{A^U}(x)]$를 이용하여 신뢰도를 표현한다. 여기에서, $t_{A^L}(x)$는 최소 참 소속값이고 $t_{A^U}(x)$는 최대 참 소속값이며 $f_{A^L}(x)$는 최소 거짓 소속값이고 $f_{A^U}(x)$는 최대 거짓 소속값이다[5]. $t_{A^L}(x),\ t_{A^U}(x),\ f_{A^L}(x),\ f_{A^U}(x) \in [0,1]$. $[t_{A^L}(x),\ t_{A^U}(x)]$, $[f_{A^L}(x),\ f_{A^U}(x)] \subseteq [0,1]$.

수준 (λ, 1) 구간값 퍼지집합에서는 소속값은 구간 $[\lambda\mu_{A^L}(x),\ 1]$을 이용하여 신뢰도를 표현한다[6]. $[\lambda\mu_{A^L}(x),\ 1] \subseteq [0,1]$. 또한 λ를 이용하여 최소 소속값의 크기를 조정하는 것이 가능하다.

구간값 뉴트로소픽 집합에서는 소속값을 $(T_{A^L}(x),\ T_{A^U}(x),\ I_{A^L}(x),\ I_{A^U}(x),\ F_{A^L}(x),\ F_{A^U}(x))$를 이용하여 신뢰도를 표현한다[7]. T_A는 참 소속값이고 I_A는 불확정 소속값이며 F_A는 거짓 소속값이다. $T_{A^L}(x),\ T_{A^U}(x),\ I_{A^L}(x),\ I_{A^U}(x),\ F_{A^L}(x),\ F_{A^U}(x) \subseteq [0,1]$.

본 논문에서는 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합을 제안하고 이 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안한다. 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합은 수준 (λ, 1) 구간값 퍼지집합과 구간값 뉴트로소픽 집합의 장점을 표현하는 것이 가능하게 된다. 이와 같이 다양한 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 평가하는 연구에 대하여는 2장에서 간략하게 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 관련연구를 기술한다. 제 3 장에서는 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합에 대하여 설명한다. 제 4 장에서는 수준 (λ, 1) 구간값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하다. 그리고 제 5 장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련연구

공학 시스템을 개발할 때 발생하는 불확실성을 처리하는 문제를 해결하기 위해 사용하는 방법들 중 한 가지가 퍼지집합이며 이러한 다양한 퍼지집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 분석하는 연구들이 제안되었다[1, 5, 8-20].

Singer [8]은 결함 트리의 사건 빈도수를 L-R 퍼지 숫자로 표현하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 접근법을 사용하였다. Cheng [9] 등은 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 퍼지 숫자의 α-cut을 이용한 신뢰구간을 이용하는 방법을 사용하였다. Chen [10]은 신뢰도를 삼각 퍼지숫자로 표현하여 기존의 방법보다 더 빠르게 계산하는 방법을 제안하였다. Chen [11]은 모호집합을 이용하여 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. Kumar [5] 등은 해양발전소 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 밀물과 썰물의

오차를 구간값 모호집합을 이용하는 방법을 제안하였다. Chen [12] 등은 x 축 상의 유사도, 최대 소속값의 퍼짐의 정도 그리고 y 축 상의 무게 중심을 반영하여 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Wei [13] 등은 무게중심과 기하거리에 기반으로 구간값 사다리꼴 퍼지숫자를 이용하여 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Cho [14]는 구간값 모호집합을 이용하여 구성요소의 가중치를 반영하여 가중 신뢰도를 평가하는 방법을 사용하였다. Fuh [15] 등은 시스템의 신뢰도를 수준 $(\lambda,1)$ 구간값 퍼지 숫자를 이용하여 표현하고 이를 기반으로 시스템의 신뢰도를 평가하는 방법을 제안하였다. Cho [16]은 단일값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. Komal [17] 등은 삼각 퍼지숫자를 이용하여 LNG 수송선의 이중 연료 스팀 터빈 추진시스템의 신뢰도를 분석하는 데 적용하였다. Cho [18]은 사다리꼴 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 사용하였다. Sharma [19]는 삼각 퍼지숫자와 사다리꼴 퍼지숫자를 이용하여 에어콘의 신뢰도를 분석하는 방법을 제안하였다. Cho [20]은 구간값 퍼지집합과 이 집합의 폭을 고려하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다.

3. 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합

이 장에서는 수준 $(\lambda,1)$ 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합에 대하여 설명한다.

사다리꼴 구간값 퍼지집합: 전체집합 U에서 사다리꼴 구간값 퍼지집합 A는 사다리꼴 구간값 퍼지집합 A에 포함되는 원소의 소속값을 구간 $[\mu_{A^L}(x),\ \mu_{A^U}(x)]$으로 표현하는 집합이다. $\mu_{A^L}(x)$와 $\mu_{A^U}(x)$는 최소와 최대 소속값이다. 사다리꼴 구간값 퍼지집합은 다음과 같이 정의한다:

$$\mu_{A^L}(x)=\begin{cases}\dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1\le x\le a_2,\\ \omega_{A^L}, & a_2\le x\le a_3,\\ \dfrac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3\le x\le a_4,\\ 0, & otherwise.\end{cases} \qquad (1)$$

$$\mu_{A^U}(x)=\begin{cases}\dfrac{x-b_1}{b_2-b_1}, & b_1\le x\le b_2,\\ 1, & b_2\le x\le b_3,\\ \dfrac{b_4-x}{b_4-b_3}, & b_3\le x\le b_4,\\ 0, & otherwise.\end{cases} \qquad (2)$$

여기에서 $a_1\le a_2\le a_3\le a_4$, $b_1\le b_2\le b_3\le b_4$, $0\le\mu_{A^L}(x)\le\mu_{A^U}(x)\le 1$. $0\le\omega_{A^L}\le\mu_{A^U}(x)$.

수준 $(\lambda,1)$ 사다리꼴 구간값 퍼지집합: 전체집합 U에서 수준 $(\lambda,1)$ 사다리꼴 구간값 퍼지집합 A는 수준 $(\lambda,1)$ 사다리꼴 구간값 퍼지집합 A에 포함되는 원소의 소속값 $\mu_A(x)$을 구간 $[\lambda\mu_{A^L}(x),\ \mu_{A^U}(x)]$으로 표현하는 집합이다. 수준 $(\lambda,1)$ 사다리꼴 구간값 퍼지집합은 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_{A^L}(x)=\begin{cases}\dfrac{\lambda(x-a_1)}{a_2-a_1}, & a_1\le x\le a_2,\\ \lambda\omega_{A^L}, & a_2\le x\le a_3,\\ \dfrac{\lambda(a_4-x)}{a_4-a_3}, & a_3\le x\le a_4,\\ 0, & otherwise.\end{cases} \qquad (3)$$

$$\mu_{A^U}(x)=\begin{cases}\dfrac{x-b_1}{b_2-b_1}, & b_1\le x\le b_2,\\ 1, & b_2\le x\le b_3,\\ \dfrac{b_4-x}{b_4-b_3}, & b_3\le x\le b_4,\\ 0, & otherwise.\end{cases} \qquad (4)$$

여기에서 $a_1 \le a_2 \le a_3 \le a_4$, $b_1 \le b_2 \le b_3 \le b_4$, $0 \le \mu_{A^L}(x) \le \mu_{A^U}(x) \le 1$. $0 \le \lambda \le 1$.

구간값 뉴트로소픽 집합: X를 점(point) 또는 개체(object)의 공간(space)이라고 하자. X는 x로 표기하는 포괄적인 원소(generic element)를 갖는다. X에 있는 구간값 뉴트로소픽 집합 A는 참 소속함수 T_A, 불확정 소속함수 I_A 그리고 거짓 소속함수 F_A로 정의할 수 있다. X에 있는 각 점 x에 대하여 $T_A(x)$, $I_A(x)$, $F_A(x) \subseteq [0,1]$. 구간값 뉴트로소픽 집합은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$T_A : X \to I, \tag{5}$$

$$I_A : X \to I, \tag{6}$$

$$F_A : X \to I. \tag{7}$$

수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합: X를 점(point) 또는 개체(object)의 공간(space)이라 고 하자. X는 x로 표기하는 포괄적인 원소(generic element)를 갖는다. X에 있는 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합 A는 참 소속함수 $T_{A^L}(x)$, $T_{A^U}(x)$, 불확정 소속함수 $I_{A^L}(x)$, $I_{A^U}(x)$ 그리고 거짓 소속함수 $F_{A^L}(x)$, $F_{A^U}(x)$를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$T_{A^L}(x)=\begin{cases} \dfrac{\lambda_T(x-a_1)}{a_2-a_1}, & a_1 \le x \le a_2, \\ \lambda_T\omega^T_{A^L}, & a_2 \le x \le a_3, \\ \dfrac{\lambda_T(a_4-x)}{a_4-a_3}, & a_3 \le x \le a_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{8}$$

$$T_{A^U}(x)=\begin{cases} \dfrac{x-b_1}{b_2-b_1}, & b_1 \le x \le b_2, \\ 1, & b_2 \le x \le b_3, \\ \dfrac{b_4-x}{b_4-b_3}, & b_3 \le x \le b_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{9}$$

$$I_{A^L}(x)=\begin{cases} \dfrac{\lambda_I(x-a_1)}{a_2-a_1}, & a_1 \le x \le a_2, \\ \lambda_I\omega^I_{A^L}(x), & a_2 \le x \le a_3, \\ \dfrac{\lambda_I(a_4-x)}{a_4-a_3}, & a_3 \le x \le a_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{10}$$

$$I_{A^U}(x)=\begin{cases} \dfrac{x-b_1}{b_2-b_1}, & b_1 \le x \le b_2, \\ 1, & b_2 \le x \le b_3, \\ \dfrac{b_4-x}{b_4-b_3}, & b_3 \le x \le b_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{11}$$

$$F_{A^L}(x)=\begin{cases} \dfrac{\lambda_F(x-a_1)}{a_2-a_1}, & a_1 \le x \le a_2, \\ \lambda_F\omega^F_{A^L}(x), & a_2 \le x \le a_3, \\ \dfrac{\lambda_F(a_4-x)}{a_4-a_3}, & a_3 \le x \le a_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{12}$$

$$F_{A^U}(x)=\begin{cases} \dfrac{x-b_1}{b_2-b_1}, & b_1 \le x \le b_2, \\ 1, & b_2 \le x \le b_3, \\ \dfrac{b_4-x}{b_4-b_3}, & b_3 \le x \le b_4, \\ 0, & otherwise. \end{cases} \tag{13}$$

여기에서 $[T_{A^L}(x), T_{A^U}(x)]$, $[I_{A^L}(x), I_{A^U}(x)]$, $[F_{A^L}(x), F_{A^U}(x)] \subseteq [0,1]$, $a_1 \le a_2 \le a_3 \le a_4$, $b_1 \le b_2 \le b_3 \le b_4$, $0 \le \lambda_T$, λ_I, $\lambda_F \le 1$.

4. 신뢰도 분석

이 장에서는 수준 $(\lambda, 1)$ 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 구하는 방법을 제안한다. 시스템의 신뢰도는 시스템을 구성하고 있는 구성요소의 신뢰도를 기반으로 계산하는 것이 가능하다.

순차 시스템은 <그림 1>과 같이 구성하며 시스템의 구성요소 P_i의 신뢰도는 R_i로 표기할 수 있다. 구성요소 P_i의 신뢰도 R_i를 수준 $(\lambda, 1)$ 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합으로 표기하면 R_i = $[T_{A^L}(x),\ T_{A^U}(x),\ I_{A^L}(x),\ I_{A^U}(x),\ F_{A^L}(x),\ F_{A^U}(x)]$로 할 수 있다.

<그림 1>과 같은 순차 시스템의 전체 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned}
R &= \prod_{i=1}^{n} R_i \\
&= (R_1 \cdot R_2 \cdot \cdots \cdot R_n) \\
&= [T_{A_1^L}(x),\ T_{A_1^U}(x),\ I_{A_1^L}(x),\ I_{A_1^U}(x),\ F_{A_1^L}(x),\ F_{A_1^U}(x)] \cdot [T_{A_2^L}(x),\ T_{A_2^U}(x),\ I_{A_2^L}(x),\ I_{A_2^U}(x),\ F_{A_2^L}(x),\ F_{A_2^U}(x)] \cdot \cdots \cdot [T_{A_n^L}(x),\ T_{A_n^U}(x),\ I_{A_n^L}(x),\ I_{A_n^U}(x),\ F_{A_n^L}(x),\ F_{A_n^U}(x)] \\
&= [\min(T_{A_1^L}(x),\ T_{A_2^L}(x),\ \cdots,\ T_{A_n^L}(x)),\ \min(T_{A_1^U}(x),\ T_{A_2^U}(x),\ \cdots,\ T_{A_n^U}(x)),\ \min(I_{A_1^L}(x),\ I_{A_2^L}(x),\ \cdots,\ I_{A_n^L}(x)),\ \min(I_{A_1^U}(x),\ I_{A_2^U}(x),\ \cdots,\ I_{A_n^U}(x)),\ \max(F_{A_1^L}(x),\ F_{A_2^L}(x),\ \cdots,\ F_{A_n^L}(x)),\ \max(F_{A_1^U}(x),\ F_{A_2^U}(x),\ \cdots,\ F_{A_n^U}(x))] \\
&= [\min_{i=1}^{n} T_{A_i^L}(x),\ \min_{i=1}^{n} T_{A_i^U}(x),\ \min_{i=1}^{n} I_{A_i^L}(x),\ \min_{i=1}^{n} I_{A_i^U}(x),\ \max_{i=1}^{n} F_{A_i^L}(x),\ \max_{i=1}^{n} F_{A_i^U}(x)]
\end{aligned} \tag{14}$$

병렬 시스템은 <그림 2>와 같이 구성하며 시스템의 구성요소 P_i의 신뢰도는 R_i로 표기할 수 있다. 구성요소 P_i의 신뢰도 R_i를 수준 $(\lambda, 1)$ 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합으로 표기하면 R_i = $[T_{A^L}(x),\ T_{A^U}(x),\ I_{A^L}(x),\ I_{A^U}(x),\ F_{A^L}(x),\ F_{A^U}(x)]$로 할 수 있다.

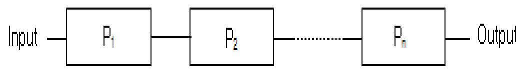

그림 1 순차 시스템의 구성
Figure 1. configuration of serial systems

<그림 2>와 같은 병렬 시스템의 전체 신뢰도 R은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$\begin{aligned}
R &= 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - R_i) \\
&= 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - [T_{A_i^L}(x),\ T_{A_i^U}(x),\ I_{A_i^L}(x),\ I_{A_i^U}(x),\ F_{A_i^L}(x),\ F_{A_i^U}(x)]) \\
&= 1 - \prod_{i=1}^{n}[1 - T_{A_i^L}(x),\ 1 - T_{A_i^U}(x),\ 1 - I_{A_i^L}(x),\ 1 - I_{A_i^U}(x),\ 1 - F_{A_i^L}(x),\ 1 - F_{A_i^U}(x)]) \\
&= 1 - [\min_{i=1}^{n}(1 - T_{A_i^L}(x)),\ \min_{i=1}^{n}(1 - T_{A_i^U}(x)),\ \min_{i=1}^{n}(1 - I_{A_i^L}(x)),\ \min_{i=1}^{n}(1 - I_{A_i^U}(x)),\ \max_{i=1}^{n}(1 - F_{A_i^L}(x)),\ \max_{i=1}^{n}(1 - F_{A_i^U}(x))] \\
&= [1 - \min_{i=1}^{n}(1 - T_{A_i^L}(x),\ 1 - \min_{i=1}^{n}(1 - T_{A_i^U}(x),\ 1 - \min_{i=1}^{n}(1 - I_{A_i^L}(x))\ 1 - \min_{i=1}^{n}(1 - I_{A_i^U}(x),\ 1 - \max_{i=1}^{n}(1 - F_{A_i^L}(x),\ 1 - \max_{i=1}^{n}(1 - F_{A_i^U}(x)]
\end{aligned} \tag{15}$$

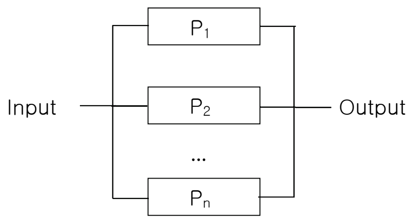

그림 2 병렬 시스템의 구성
Figure 2. configuration of parallel systems

5. 결 론

본 논문에서는 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합과 이 집합을 이용하여 시스템의 신뢰도를 계산하는 방법을 제안하였다. 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합은 λ를 이용하여 최소 소속값의 크기를 조정하는 것이 가능한 수준 (λ, 1) 구간값 퍼지집합과 불확정성을 표현할 수 있는 뉴트로소픽 집합의 장점들을 표현할 수 있어 기존의 방법보다 시스템의 신뢰도를 유연하고 엄밀하게 계산하는 것이 가능하다. 본 연구에서 제안한 방법은 시스템 구성요소의 신뢰도를 수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합으로 표현한 시스템의 신뢰도를 평가하는데 적용하는 것이 가능하다. 그리고 시스템의 구성요소가 가중값을 가지는 경우에 대한 추가적인 연구를 진행하는 것이 필요하다.

References

[1] A. Kaufmann, and M. M. Gupla, *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*, North-Holland, Amsterdam, 1988.

[2] L. Zadeh, *Fuzzy sets*, Inform and Control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.

[3] I. Turksen, *Interval valued fuzzy sets based on normal forms*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 20, pp. 191-210, 1986.

[4] W. L. Gau, and D. J. Buehrer, *Vague sets*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernatics, Vol. 23, No. 2, pp. 610-61, 1993.

[5] A. Kumar, S. P. Yadav, and S. Kumar, *Fuzzy reliability of a marine power plant using interval valued vague sets*, Int'l Jl. of Applied Science Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 71-82, 2006.

[6] C-F Fuh, R. Jea, and J-S Su, *Fuzzy system reliability analysis base on level* $(\lambda, 1)$ *interval-valued fuzzy numbers*, Information Sciences, Vol. 272, pp. 185-197, 2014.

[7] H. Wang, F. Smarandache, Y. Q. Zhang, and R. Sunderraman, *Interval neutrosophic stes and logic: Theory and applications In computing*, Hexis, Phoenix, Ariz, USA, 2005.

[8] D. Singer, *A fuzzy set approach to fault tree and reliability analysis*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 34, pp. 145-155, 1990.

[9] C-H. Cheng and D-L. Mon, *Fuzzy system reliability analysis by interval of confidence*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 56, pp. 29-35, 1993.

[10] S. M. Chen, *Fuzzy system reliability analysis using fuzzy number arithmetic operations*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 64, pp. 31-38, 1994

[11] S. M. Chen, *Analysis fuzzy system reliability using vague set theory*, Int'l Jl. of Applied Science and Engineering, Vol. 1, pp. 82-88, 2003.

[12] J-H Chen, and S-M Chen, *A new method to measure the similarity between interval valued fuzzy numbers*, Proceedings of the

sixth international conference on machine learning and cybernetics, HongKong, pp. 1403-1408, 2007.

[13] S-H. Wei, and S-M. Chen, *A new similarity measure between interval valued trapzoidal fuzzy numbers based on geometric distance and the center of gravity points*, Proceedings of the sixth international conference on machine learning and cybernetics, HongKong, pp. 1412-1417, 2007.

[14] S. Y. Cho, *Reliability analysis of fuzzy systems with weighted components using interval valued vague sets*, Jl. of KKITS, Vol. 3, No. 2, pp. 31-40, 2008.

[15] C. F. Fuh, R. Jea, and J. S. Su, *Fuzzy system reliability analysis based on level (λ,1) interval-valued fuzzy numbers*, Information Sciences, Vol. 272, pp. 185-197, 2014.

[16] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using single valued neutrosophic sets*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 4, pp. 447-453, 2015.

[17] Komal, D. Chang, and S-Y. Lee, *Fuzzy reliability analysis of dual-fuel team turbine propulsion system in LNG carriers considering data uncertainty*, Journal of natural gas science and engineering, Vol. 23, pp. 148-164, 2015.

[18] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using trapezoidal neutrosophic sets*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 11, No. 3, pp. 293-299, 2016.

[19] M. K. Sharma, *Fuzzy reliability analysis of a summer air conditioning system*, Advanced in Fuzzy Mathematics, Vol. 12, No. 2, pp. 319-332, 2017.

[20] S. Y. Cho, *Reliability analysis of systems using level (λ, 1) interval-valued fuzzy sets considering the widths,* Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 13, No. 1, pp. 121-127, 2018.

수준 (λ, 1) 사다리꼴 구간값 뉴트로소픽 집합을 이용한 시스템의 신뢰도 분석

조상엽

청운대학교 컴퓨터공학과 교수

요 약

시스템의 신뢰도를 평가하는데 사용하는 퍼지집합은 다양한 형태가 있다. 퍼지집합에서 소속값 $\mu_A(x)$는 실수로 표현하고 이를 이용하여 신뢰도를 표현한다. 구간값 퍼지집합에서는 소속값을 구간 $[\mu_{A^L}(x),\ \mu_{A^U}(x)]$으로 표현하고 이것을 이용하여 신뢰도를 표현한다. 모호집합에서는 소속값을 $[t_A(x),\ f_A(x)]$을 이용하여 신뢰도를 표현한다. 구간값 모호집합에서는 소속값을 $[t_{A^L}(x),\ t_{A^U}(x),\ f_{A^L}(x),\ f_{A^U}(x)]$를 이용하여 신뢰도를 표현한다. 수준 (λ, 1) 구간값 퍼지집합에서는 소속값 $\mu_A(x)$를 구간 $[\lambda\mu_{A^L}(x),\ 1]$을 이용하여 신뢰도를 표현한다. 구간값 뉴트로소픽 집합에서는 소속값은 $(T_A,\ I_A,\ F_A)$를 이용하여 신뢰도를 표현한다. 본 논문에서는 수준 (λ, 1) 구간값 퍼지집합과 구간값 뉴트로소픽 집합의 장점을 표현할 수 있는 수준 (λ, 1) 구간값 뉴트로소픽 집합을 제안한다. 수준 (λ, 1) 구간값 뉴트로소픽 집합은 λ를 이용하여 최소 소속값의 크기를 조정하는 것이 가능하므로 소속값 표현에 유연성을 제공한다. 또한 뉴트로소픽 집합의 불확정 소속값을 사용하므로 불확정성을 표현하는 것이 가능하게 된다. 그러므로 수준 (λ, 1) 구간값 뉴트로소픽 집합은 기존의 방법보다 보다 유연하면서도 엄밀하게 신뢰도를 표현하는 것이 가능하게 된다.

감사의 글

본 논문은 청운대학교의 2018학년도 학술연구조성비를 지원 받음.

Sang Yeop Cho received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Hannam University in 1986. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Chungang University in 1988 and 1993, respectively. He is currently a professor in the Department of Computer Engineering at Chungwoon University, Incheon, Korea. He has been invited the publicity chair and received the outstanding leadership award in the international conference on computer convergence technology 2011. His current research interests include artificial intelligence, intelligent systems, fuzzy sets, neutrosophic sets. He is a life member of the KKITS.

E-mail address: sycho@chungwoon.ac.kr